

EXPERIENCIAS INMERSIVAS DURANTE LA FASE CONCEPTUAL DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO: LA REALIDAD VIRTUAL COMO HERRAMIENTA PARA LA PARTICIPACIÓN DEL USUARIO EN EL PROCESO DE CO-CREACIÓN

IMMERSIVE EXPERIENCES DURING THE CONCEPTUAL PHASE OF THE ARCHITECTURAL PROJECT: VIRTUAL REALITY AS A TOOL FOR USER PARTICIPATION IN THE CO-CREATION PROCESS

Julia Galán Serrano. Universitat Jaume I

Carlos García-García. Universitat Jaume I

Francisco Felip Miralles. Universitat Jaume I

© UNIVERSIDAD DE SEVILLA, SEVILLA 2018

<http://dx.doi.org/10.12795/EGE.2018.i10.06>

RESUMEN

La elevada competencia del mercado actual dificulta la contratación de proyectos singulares de viviendas unifamiliares. Por ello, resulta necesario agudizar el ingenio para ofrecer al cliente una visión diferencial respecto a las propuestas de otros competidores.

En este contexto, se propone incorporar al propio usuario en el proceso proyectual durante la fase de desarrollo conceptual de la propuesta constructiva, utilizando la Realidad Virtual (RV). Sumergir al usuario en una experiencia senso-

miento del estudio arquitectónico como referente del mercado.

Este trabajo analiza diferentes sistemas RV actuales que podrían ser adaptados durante el proceso de trabajo, y discute la ventaja que supone para los estudios de arquitectura esta metodología del proyecto frente a otras más convencionales.

Palabras Clave:

Realidad Virtual, co-creación, arquitectura, experiencia sensorial, briefing, iluminación.

velopment stage of the construction proposal, using Virtual Reality (VR). Introducing the user to an immersive sensory experience would allow him/her to live his/her own living space before being built, allowing designers and architects to focus attention on the personalized study of natural lighting and the design of the walls that act as a connection between the interior and exterior space of the home. This way of approaching the project can provide a competitive advantage that would contribute to the positioning of the architectural studio as a referent in the market.

propio espacio habitable antes de ser construido, permitiendo a diseñadores y arquitectos centrar la atención en el estudio personalizado de la iluminación natural y el diseño de los paramentos que actuaran como nexo entre el espacio interior y exterior de la vivienda. Esta forma de abordar el proyecto puede suponer una ventaja competitiva que contribuiría al posiciona-

The high competitiveness of the current market makes it difficult to contract unique projects for single-family homes. Therefore, it is necessary to sharpen inventiveness in order to offer the customer a different vision compared to the proposals of other competitors.

In this context, we propose to incorporate the user in the design process during the conceptual de-

velopment stage of the construction proposal, using Virtual Reality (VR). Introducing the user to an immersive sensory experience would allow him/her to live his/her own living space before being built, allowing designers and architects to focus attention on the personalized study of natural lighting and the design of the walls that act as a connection between the interior and exterior space of the home. This way of approaching the project can provide a competitive advantage that would contribute to the positioning of the architectural studio as a referent in the market.

Keywords:

Virtual Reality, co-creation, architecture, sensorial experience, briefing, lighting.

1. INTRODUCCIÓN

La contratación de proyectos singulares de viviendas unifamiliares, que permitan diseñar tanto espacios interiores como exteriores, puede suponer un incentivo creativo para los estudios de arquitectura.

Abordar desde cero un proyecto, que plantee tanto alternativas constructivas como estético-formales, con la libertad de poder proponer soluciones singulares que atiendan a las necesidades específicas del usuario final, puede dar lugar a un proyecto icónico con el que posicionar el estudio de arquitectura en un mercado globalizado cada vez más complejo (Fig. 1).

El hecho de disponer de un presupuesto inicial elevado, puede ofrecer la posibilidad de proponer soluciones más complejas, o acabados más exclusivos. No obstante, cabe considerar que un presupuesto más moderado no tiene porqué

constituir una limitación creativa para el estudio de arquitectura, promoviendo en ocasiones la búsqueda de soluciones novedosas que permitan moderar los costes.

A pesar de la compleja situación por la que ha pasado el sector de la construcción en los últimos años, está habiendo un repunte notable de ventas, siendo éste significativo en proyectos con un presupuesto medio-alto (1). En este sentido, cabe destacar el interés en el mercado español por parte de competidores chinos y rusos (2) (3) (4). Éstos, principalmente se interesan por viviendas vacacionales, destinadas inicialmente a un uso estacional o temporal, valorando la posibilidad de un uso futuro como vivienda permanente en los periodos finales del ciclo vital del usuario (5) (6).

A pesar de que la propuesta no se centra exclusivamente en un colectivo concreto, el propio potencial de este mercado

emergente puede propiciar el interés de dichos compradores por la construcción de proyectos singulares, que puedan destacar, por su grado de iconicidad, del resto de propuestas de la zona. Con ello, pueden tratar de cubrir algunas necesidades de posicionamiento social, en ocasiones relevantes para este tipo de usuarios.

De un modo u otro, se considera como elemento fundamental de la propuesta planteada, la necesidad de adaptación y personalización del proyecto al usuario final, planteando soluciones singulares distintas a las del entorno próximo.

Por ello, resulta relevante la implicación del propio usuario final en la fase de diseño del proyecto. Para ello, se propone seguir una metodología co-creativa (7) (8), yendo más allá de la realización de algunas entrevistas previas, de la selección inicial de alternativas constructivas o distributivas



Fig. 1: Ejemplo de proyecto del Estudio A-Cero para una vivienda unifamiliar en Murcia. <https://a-cero.com/es/portfolio/house-in-murcia/>

respecto a los espacios diseñados, o la elección de acabados finales.

La finalidad es facilitar una experiencia sensorial al usuario final, en la que pueda tomar las decisiones adecuadas que favorezcan un elevado nivel de aceptación del resultado final.

Es en este punto en el que toma sentido aplicar nuevas estrategias comerciales aprovechando los desarrollos tecnológicos más recientes. En este sentido, la evolución de la Realidad Virtual (VR) o la Realidad Mixta (MR) pueden ofrecer nuevas oportunidades con las que sumergir al usuario en una experiencia sensorial inmersiva, a través de la cual el propio usuario pueda vivir su propio espacio habitable antes de ser construido. Se consiguen así experiencias sensoriales adaptadas al usuario partiendo de su propia experimentación, en lugar de ofrecer un espacio constructivo adaptado al usuario a través de un briefing, sin ser previamente vivido y validado por el mismo.

De este modo, el usuario puede experimentar cómo sería hallarse en las distintas estancias del proyecto arquitectónico, experimentar la relación de distancias entre las paredes o entre el techo y el suelo en cada habitación, al percibir el espacio desde la altura real de sus ojos. De igual modo, sería posible simular diversos modelos de iluminación de cada estancia en diferentes momentos del día o incluso del año, basados en la orientación geográfica real de la vivienda, con lo que el usuario podría experimentar cómo sería el aspecto atmosférico de cada estancia. Vivir el espacio virtual representado con esta

iluminación real le ayudaría a ser más consciente del aspecto final que tendrá el proyecto y de cómo sería habitarlo, y le ayudará a sugerir cambios estructurales con la intención de que vivir en este espacio sea una experiencia más placentera.

En definitiva, experimentar el espacio desde esta perspectiva única y personal puede aportar al usuario información concreta con la que convertirse en co-creador (9) del proyecto, ayudando a arquitectos y diseñadores a tomar valiosas decisiones durante la fase de diseño preliminar del proyecto que pudieran dar lugar a un resultado final más eficiente y ajustado a las necesidades concretas del usuario.

2. REALIDAD VIRTUAL O MIXTA: EVOLUCIÓN Y LIMITACIONES.

Para abordar la propuesta objeto de este artículo es necesario clarificar las características de los diferentes sistemas estudiados para la modificación de la realidad en la experiencia de usuario al interactuar con un espacio arquitectónico en función de si éste es real o simulado.

En los últimos años, han surgido y evolucionado rápidamente diferentes sistemas que permiten mejorar la experiencia perceptiva real del usuario. Estos sistemas son la Realidad Virtual (VR) y la denominada Realidad Mixta (MR) dentro de la cual hallamos la Realidad Aumentada (AR) y la Virtualidad Aumentada (AV), caracterizadas ambas por hibridar imágenes reales con imágenes generadas por computadora.

Cabe destacar que la evolución de todos estos sistemas ha sido muy irregular, al igual que el interés por parte de usuarios y desarrolladores, dependiendo en muchos casos de lanzamientos al mercado de productos o evoluciones de los mismos que han supuesto un revulsivo para cada uno de los sistemas.

El término Realidad Aumentada (AR) (10) hace referencia a la experimentación de un entorno predominantemente real, en el que se superponen imágenes y gráficos generados por computadora sobre la realidad observada. Ambas representaciones coexisten de forma simultánea como un conjunto indivisible en un mismo espacio de representación, visualizado a través de pantallas (televisores, *smartphones*, *tablets*) u otros dispositivos (gafas o cascos), permitiendo al usuario establecer una interactividad en tiempo real con el contenido (11).

Los sistemas de AR permiten superponer elementos digitales adicionales sobre la imagen real. A nivel de hardware, dichos sistemas se han centrado en su mayoría en la observación del mundo real a través de un dispositivo inteligente (*smartphone* o *tablet*) aprovechando la cámara posterior del dispositivo para captar la realidad y la pantalla frontal para mostrar en tiempo real los contenidos digitales superpuestos sobre los contenidos reales capturados. Esto ha suscitado un gran número de iniciativas centradas en modificar el espacio arquitectónico habitable, tanto interior como exterior.

La mayor limitación de este sistema es la dificultad de posicionar

contenidos adaptados con exactitud a un espacio real. Esto se debe a la necesidad de situar referencias físicas (parches) en el espacio real que permitan posicionar los elementos digitales virtuales de una forma precisa, permitiendo su movimiento virtual vinculado al desplazamiento físico de dichos parches. Por ello, la mayor parte de propuestas en este sentido incluyen elementos físicos de posicionamiento o recurren a sistemas de geoposicionamiento GPS, por el momento excesivamente imprecisos hasta la llegada de una evolución del sistema que mejore esta limitación.

El concepto de Virtualidad Aumentada (AV) (12) se refiere a la experimentación de un entorno inmersivo predominantemente virtual, pero al que se superponen imágenes de objetos o personas que se hallan en el espacio real en el que se halla el observador. A nivel técnico funciona de forma similar a como lo hace la AR, ya que es necesaria una cámara que registre la realidad observada por el usuario, pero también sensores de profundidad que detecten, recorten y aíslen los volúmenes reales que se desea representar en el entorno virtual, sincronizando en tiempo real la posición del contorno y la apariencia que definen estos objetos con la geometría del espacio virtual.

A fin de conseguir una experiencia más natural y realista en AV, el usuario podría interactuar en el propio entorno virtual con los objetos o volúmenes reales representados, tal como lo haría en un entorno real, tocándolos, cogiéndolos o arrastrándolos. Esto es posible si la cámara lee los cambios de posición del objeto físico y lo reposicio-

na en tiempo real sobre la imagen virtual.

En la actualidad, este tipo de sistemas está menos desarrollado que los sistemas AR y VR, sin embargo, son los que podrían ofrecer en un futuro próximo un mayor potencial en sectores como el diseño de interiores.

Los sistemas de Realidad Virtual (VR), en cambio, permiten la inmersión del usuario en un entorno íntegramente virtual, aislándose totalmente de la realidad exterior.

Según Jaron (13), el concepto de Realidad Virtual (VR) hace referencia a la experimentación de un entorno completamente artificial generado por computadora, en el que el usuario experimenta una sensación inmersiva e interactiva sin tener ningún contacto visual con su entorno real. Dicho mundo virtual puede ser fruto de un proceso de creación digital, pudiendo situar al usuario en un mundo totalmente ficticio en el que las leyes físicas y perceptivas del usuario difieran totalmente de su mundo real. Además, en los últimos sistemas es posible realizar ciertos desplazamientos dentro de dicho mundo virtual, más allá del simple movimiento de cabeza.

También es posible trasladar al usuario a un punto del espacio-tiempo real, pero diferente al del usuario, previamente registrado en una grabación 360°, de modo que pueda ser reproducido a modo de experiencia virtual en diferido. Una variante de este último, es la emisión en tiempo real o *streaming* de una grabación realizada en cualquier parte del mundo, de modo que un usuario pueda visualizarla a

modo de mundo virtual en otro lugar, pudiendo incluso interactuar con la fuente emisora a través de una conexión de audio digital a través de Internet.

Todas estas variantes, permiten al usuario vivir una experiencia muy inmersiva en un mundo real o ficticio, sin embargo, el hecho de no poder observar su propia anatomía dentro del mundo virtual resta al sistema algo de realismo, limitando su percepción al respecto de la realidad que lo rodea. Del mismo modo, los sistemas VR evaden excesivamente al usuario de su entorno próximo, produciendo una cierta sensación de mareo después de un periodo prolongado de uso.

Otra limitación de dicho sistema, es la necesidad de disponer de algún tipo de dispositivo o mando con el que interactuar dentro del mundo virtual. Esto puede hacer que en algunos casos la interacción no sea excesivamente natural. Recientemente están surgiendo diferentes propuestas de periféricos hápticos que tratan de emular la percepción de sensaciones táctiles por parte del usuario. Dichos sistemas pueden mejorar el modo de interacción del usuario dentro del mundo virtual, sin embargo, suelen resultar algo invasivos y molestos para el usuario.

Algunos recientes periféricos (*trackers*) permiten la interacción dentro del mundo virtual con cualquier tipo de objeto o parte del cuerpo del usuario que previamente hayamos modelado e introducido dentro del sistema virtual, pudiendo, por ejemplo, reproducir el movimiento de un brazo del usuario en un avatar del mundo virtual. Esta correspondencia entre el movi-

miento del usuario y el del avatar virtual contribuye a hacer la experiencia más inmersiva, al establecer una correspondencia más natural entre las acciones del cuerpo real y la respuesta del cuerpo virtual.

3. ESTUDIO PRELIMINAR DE SISTEMAS VR APTOS PARA CO-CREACIÓN EN ARQUITECTURA

En la actualidad, podemos encontrar dos conceptos de sistemas VR, diferenciados básicamente por la unidad de proceso que los gestiona y alimenta.

Los primeros sustentan la gestión de contenidos apoyándose en el uso de un *Smartphone* como pantalla de proyección y sistema de computación. Esto permite que el usuario disponga de una gran autonomía de movimientos, ya que no está atado a ningún dispositivo adicional mediante cables.

Por el contrario, en dichos sistemas, toda la capacidad de proceso para mover la aplicación y el entorno virtual recae en el dispositivo móvil, siendo esto una limitación en cuanto a la capacidad de proceso gráfico y a la posibilidad de mostrar contenidos de espacios arquitectónicos complejos.

Además, la autonomía del sistema queda condicionada a la batería del propio dispositivo, siendo posible conectarlo a un punto externo de alimentación, lo que conlleva la pérdida de autonomía en los movimientos.

Este tipo de sistemas, solamente distingue el movimiento de la cabeza del usuario, de modo que un



Fig. 2: Ejemplo de sistema VR basado en un Smartphone

movimiento rotativo sobre el eje acimutal del mismo, provoca un desplazamiento similar en el mundo virtual. Sin embargo, un cambio en la altura del usuario, por ejemplo, al sentarse en una silla, no provoca ningún tipo de cambio dentro del espacio virtual. Esto puede suponer una limitación importante del sistema para el propósito planteado en el presente artículo.

Dentro de estos sistemas, podemos encontrar ejemplos muy económicos, como Google Cardboard (14), iniciativa *DiY* para construir unas gafas VR con cartón, o ejemplos con un acabado más refinado, como Samsung Gear VR (2017) (Fig. 2) que incluyen un mando de

control (sin tracking) con el que interactuar en el entorno virtual. No obstante, en el mercado actual existe una amplia gama de este tipo de productos.

Los segundos requieren del uso de un ordenador con una elevada capacidad de procesamiento de gráficos para la gestión de contenidos, de modo que la proyección de los mismos se realiza a través de un sistema VR (casco o gafas VR) cuya única finalidad es ser un medio de salida.

En consecuencia, la capacidad gráfica del sistema es mucho mayor, y la gestión de contenidos mucho más abierta, posibilitando la inmersión del usuario en espacios arquitectónicos diseñados mediante aplicaciones de modelado 3D propias del campo de la arquitectura. Por ello, pueden resultar más adecuados para integrar al usuario final en la fase de diseño del proyecto siguiendo una metodología *co-creativa*.

A priori, el mayor inconveniente reside en la necesidad de unión mediante cables, a modo de cordón umbilical, del casco con el



Fig. 3: Ejemplo de uso del sistema VR HTC Vive para la inmersión del usuario en un entorno arquitectónico. <https://www.youtube.com/watch?v=Ot5CsfUcTh4>

ordenador que gestiona el sistema. Esto puede dar lugar a un sistema más invasivo para el usuario, en el que la libertad de movimiento del mismo se pueda ver más comprometida. Sin embargo, este medio de conexión, posibilita una interacción con el sistema VR muy fluida con una elevada calidad gráfica.

Los sistemas VR más recientes basados en un ordenador, disponen de una serie de sensores que permiten posicionar al usuario en una porción limitada de espacio. Esto crea un valor diferencial muy elevado respecto a los sistemas basados en un *Smartphone*, ya que permiten experiencia sensorial más realista dentro del espacio virtual. En este caso, un desplazamiento vertical del usuario sí implica un movimiento similar dentro del mundo virtual, haciendo posible que perciba una sensación inmersiva al sentarse en una silla, o en una alfombra situada en el suelo.

Dentro de estos sistemas podemos encontrar dispositivos como HTC Vive (Fig. 3), o HTC Vive Pro (15), que incluye además del casco VR, dos mandos con una elevada funcionalidad y dos sensores para el posicionamiento del usuario en un

espacio de 5x5 metros. Además, ofrece la posibilidad de incorporar diferentes *trackers* para posicionar elementos adicionales dentro del mundo virtual. Otra iniciativa similar, que compite con la anterior, es el casco Oculus Rift (16), con una calidad y funcionalidad muy similar.

Una alternativa singular a dichos sistemas es Tobii Pro VR Integration (17), que incorpora sobre la arquitectura de HTC Vive un sistema de eye tracking que permite saber qué punto está observando el usuario en cada momento dentro del mundo virtual. De este modo es posible valorar su interés por cada uno de los elementos representados en la escena virtual, el orden en que han sido observados, o incluso el tiempo dedicado a cada uno de ellos.

El uso de *trackers*, permite situar otros elementos reales en el espacio virtual, como por ejemplo una cámara DSLR. Con un *tracker* adherido, ésta puede captar la figura real de uno de los usuarios (Fig. 4) para integrarla en el mundo virtual, de modo que pueda ser vista por otros usuarios en un monitor adicional o en otro casco VR. Esto permite crear una experiencia mul-

tiusuario en la que otros familiares puedan observar al usuario que está viviendo la experiencia inmersiva mediante el casco VR, dentro del espacio virtual creado. Recientemente están surgiendo diferentes iniciativas para ofrecer al usuario sistemas de realidad virtual independientes. Es decir, que consten de unas gafas VR autónomas que no requieran de un *Smartphone* ni de un ordenador para ofrecer contenidos al usuario, pero que además incorporen la batería del sistema y el sistema de *tracking* del usuario en el espacio (18) (19).

Con ello, en un futuro será posible crear experiencias inmersivas virtuales que permitan una mayor movilidad y una mayor interacción entre usuarios. Ejemplo de ello es el proyecto “Daydream standalone VR headsets” desarrollado por Google junto a Lenovo y HTC (20) y el reciente Oculus Go, presentado en el evento de Oculus para desarrolladores #OC4 (21). Cabe esperar, que todos los dispositivos existentes vayan evolucionando, mejorando su calidad de imagen, su autonomía, tanto en tiempo de uso, como en movilidad, y con ello la experiencia del usuario.

4. INCORPORACIÓN DEL USUARIO AL PROCESO PROYECTUAL DURANTE LA FASE DE DESARROLLO CONCEPTUAL

Una vez estudiados los diferentes sistemas VR disponibles, y focalizado la atención en los sistemas Oculus Rift y HTC Vive Pro, por permitir una experiencia mucho más inmersiva del usuario y una sensación de movimientos mucho más real, cabe reflexionar sobre el



Fig. 4: Ejemplo de sistema VR con incorporación del usuario a la escena mediante un tracker y una cámara DSLR. <https://www.engadget.com/2017/01/07/watch-htc-vive-s-wireless-adapter-and-object-tracker-in-action/>

papel del propio usuario durante las fases iniciales de desarrollo del proyecto arquitectónico.

El hecho de incorporar al usuario final siguiendo una metodología *co-creativa*, puede suponer un servicio adicional con el que diferenciar un estudio de arquitectura de sus competidores.

Cabe destacar que la inversión necesaria para implementar el uso de la VR en el proceso proyectual no es demasiado elevada, pero requiere tiempo adicional para la elaboración de propuestas virtuales en las que sumergir al cliente. Por ello, su viabilidad podría estar condicionada al presupuesto del proyecto.

En la actualidad, las decisiones al inicio del proyecto basadas en entrevistas personales, se complementan con visitas virtuales, o *virtual tours*, a través de simulaciones modeladas digitalmente. Con ellas, tanto estudios de arquitectura como promotoras inmobiliarias, pretenden construir experiencias inmersivas en un espacio arquitectónico aún no construido. La intención es que el usuario (potencial cliente), desde cualquier plataforma (pantalla de ordenador, *smartphone*, *tablet* o sistema de VR) pueda acceder online a estos contenidos y construir su propia visita virtual a dicho espacio. No obstante, las limitaciones en cuanto a inmersión de dichos sistemas suponen una barrera entre el usuario y la propuesta arquitectónica.

La presente propuesta plantea la inmersión del usuario en su futura vivienda unifamiliar durante la fase de diseño, utilizando dispositivos VR que permitan rastrear los mo-



Fig. 5: Vista exterior de la Casa Malecaze, Estudio RCR Arquitectes. Ejemplo de vivienda unifamiliar con paramento de vidrio que comunica la estancia interior con el espacio exterior.
<http://afasiaarchzine.com/2017/03/rcr-25/rcr-malecaze-house-vieille-toulouse-4/>

vimientos del usuario con el fin de simular acciones como sentarse en un sofá o en el suelo, o asomarse a una barandilla de una planta superior para observar el salón desde lo alto.

De este modo, el usuario podrá “vivir su casa” antes de que exista. No solo podrá pasear por su salón, sino que podrá sentarse en el sofá de su comedor. Para ello, será necesario integrar elementos físicos básicos, como un sofá, una alfombra o una porción de barandilla, que permitan al usuario tocar la realidad matérica de los objetos que observa dentro del mundo virtual.

Además, con ello podrá vivir la experiencia sensorial que supondrá la interacción de dicho espacio interior (artificial), con el espacio exterior (natural), ambos separados por un paramento que actuará como nexo (Fig. 5). Así, no solamente será posible evaluar el nivel de satisfacción generado por el espacio arquitectónico propuesto, sino valorar diferentes posibilidades constructivas alternativas.

El hecho de poder sentar al usuario en su salón y mostrarle la diferencia real entre ver el exterior de la vivienda a través de un paramento de vidrio que cubra todo el espacio (Fig. 6), o de una celosía articulada de lamas de madera verticales que filtre la luz, puede suponer una garantía de satisfacción respecto al resultado final una vez construido.

Además, los sensores permitirán situar el punto de vista del usuario adaptándolo a la vivencia sensorial de diferentes usuarios del núcleo familiar, como pueden ser los niños. El hecho de vivir una estancia desde el suelo, situando al usuario encima de una alfombra, que perciba como real, desde la que observa la singularidad del espacio, puede resultar un revulsivo para el usuario final.

Esta experiencia sensorial, no atenderá solamente al sentido de la vista. Incorporar sonido al entorno puede favorecer la creación de una experiencia inmersiva que permita escuchar la fauna exterior en una determinada época del año, o el sonido del mar según si el paramento permanece cerrado o abierto.

5. ESTUDIO VIRTUAL DE LA ILUMINACIÓN DEL ESPACIO HABITABLE

Es evidente que la luz afecta al ser humano y determina la forma de entender y relacionarnos con el espacio que nos rodea. Rigurosos estudios (22) revelan el efecto psicológico y fisiológico que la luz puede tener en los habitantes de cualquier espacio construido, sea una oficina, una escuela, un comercio o un entorno industrial, y por ello su dirección e intensidad deben ser materias a considerar en las fases iniciales de todo proyecto arquitectónico.

El hecho de ir un paso más allá y favorecer que el usuario pueda vivir cada una de las estancias de su vivienda, antes de ser construida, en diferentes momentos del año, puede permitir experimentar el efecto de la luz en diferentes momentos del día o de la noche, simulando iluminación natural y artificial.

De este modo, el usuario podrá vivir la iluminación exterior de una piscina durante la noche, la luz natural penetrando de forma cenital

por un lucernario que ilumine una estancia de paso, la luz tamizada a través de diferentes tejidos que cubran los paramentos de vidrio, o la luz filtrada a través de un vidrio arenado que pueda limitar su incidencia en la estancia interior.

6. OTROS ELEMENTOS DE ADAPTACIÓN DEL ESPACIO VIRTUAL ESTUDIADO

Con la inminente evolución de los sistemas de Realidad Mixta (MR), en los próximos años crecerán las posibilidades de interacción con una hibridación entre el espacio arquitectónico real y el espacio virtual modelado. De este modo, será posible interactuar con diferentes elementos virtuales de mobiliario, pudiéndolos modificar y adaptar al espacio real una vez construido.

Esto puede suponer una revolución en el ámbito del interiorismo, ya que el usuario podrá ir un paso más allá de las posibilidades actuales. Podrá vivir el espacio habitable antes de ser construido, actuando en una fase inicial del proyecto.

Pero además podrá personalizar dicho espacio una vez construido, pudiendo probar diferentes combinaciones de elementos decorativos de forma virtual, participando durante una fase final del proyecto, siguiendo la misma metodología *co-creativa*.

7. CONCLUSIONES

La evolución de todos los sistemas actuales VR y MR abrirá un abanico enorme de posibilidades comerciales para los estudios de arquitectura, permitiendo vivir experiencias sensoriales en espacios virtuales bastante reales antes de su construcción, que incluyan tanto imagen como sonido.

Dichas experiencias sensoriales, pueden cambiar los procesos de valoración de los espacios arquitectónicos diseñados, tanto por parte de los propios arquitectos, como de los clientes finales en caso de incorporarlos al proceso creativo. Además, el hecho de incorporar a varios usuarios dentro de una experiencia multiusuario puede favorecer el diálogo y la discusión sobre la percepción sensorial de la escena, dando lugar a una valoración más completa de las diferentes alternativas presentadas del proyecto arquitectónico. Sin embargo, la adopción por parte de los estudios de dichas tecnologías requerirá de un periodo de aprendizaje y posiblemente de la contratación de personal con perfiles específicos. Por ello, una adopción temprana de dichos sistemas, junto a la realización de proyectos icónicos, puede constituir una ventaja competitiva para el estudio, que permita potenciar su posicionamiento a través de diferentes medios sociales especializados.



Fig. 6: Vista interior de la Casa Malecaze, Estudio RCR Arquitectes. Ejemplo de vivienda unifamiliar con paramento de vidrio que comunica la estancia interior con el espacio exterior.
<http://afasiaarchzine.com/2017/03/rcr-25/rcr-malecaze-house-vieille-toulouse-19/>

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado como parte del proyecto de investigación "El arte y el diseño en la nueva sociedad digital", con código P1·1B2015-30, financiado por la Universitat Jaume I (España), y del proyecto "Tecnologías de juegos para la creación de contenidos digitales, gestión, visualización y sonificación", con código TIN2016-75866-C3-1-R), subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO).

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Torres, Luzmelia.** 2017. "Extranjero en busca de casa de lujo en España". Documento en línea. Consultado el 20 de septiembre de 2017 en <http://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/inmobiliaria/noticias/8360160/05/17/Extranjero-en-busca-de-casa-de-lujo-en-Espana.html>
2. **Libre Mercado.** 2017. "España, el nuevo 'paraíso' para los venezolanos ricos que pueden huir del chavismo". Documento en línea. Consultado el 20 septiembre de 2017 en <https://www.libremercado.com/2017-04-13/espana-el-nuevo-paraíso-para-los-venezolanos-ricos-que-huyen-del-chavismo-1276596916/>
3. **Españachina.** 2017. Documento en línea. Consultado el 20 de septiembre de 2017 en <http://españachina.es/>
4. **Guerrero, David.** 2017. "Los chinos se lanzan a la compra de pisos de más de medio millón". Documento en línea. Consultado el 20 de septiembre de 2017 en <http://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20170702/423834727867/chinos-lanzan-compra-pisos-medio-millon-mercado-vivienda-barcelona.html>
5. **Expansión.** 2017. "Los extranjeros se lanzan a comprar vivienda en la costa". Documento en línea. Consultado el 20 de septiembre de 2017 en <http://www.expansion.com/economia/2017/04/19/58f67174ca4741f5148b45f0.html>
6. **Europa Press.** 2017. "Los extranjeros quieren 'acaparar' el mercado de la vivienda en España". Documento en línea. Consultado el 20 de septiembre de 2017 en <http://www.eleconomista.es/vivienda/noticias/8490081/07/17/Los-extranjeros-quieren-acaparar-el-mercado-de-la-vivienda-en-Espana-.html>
7. **Sanders, L., y Simons, G.** 2009. "A Social Vision for Value Co-creation in Design". Consultado el 20 de marzo de 2018 en <http://timreview.ca/article/310>
8. **Brown, J.** 2017. "Curating the "Third Place"? Coworking and the mediation of creativity". *Geoforum*, vol. 82, p. 112-126.
9. **Sanders, E. B. N., y Stappers, P. J.** 2008. "Co-creation and the new landscapes of design". *Co-design*, vol. 4, no. 1, p. 5-18.
10. **Caudell, Thomas P. y Mizell, David W.** 1992. "Augmented Reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes". En Nunamaker, Jay F. y Sprague, Ralph H., eds. *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, Vol. IV, p. 659-669. ISBN 0-8186-2440-X
11. **Azuma, Ronald T.** 1997. "A Survey of Augmented Reality". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, p. 355-385. ISSN 1531-3263.
12. **Milgram, Paul y Kishino, Fumio.** 1994. "Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays". *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol. E77-D, no. 12, p. 1321-1329. ISSN 0916-8532.

13. **Lanier, Jaron.** 1992. "Virtual Reality: The Promise of the Future". *Interactive Learning International*, vol. 8, no. 4, p. 275-279, ISSN 0748-5743.
14. **Google.** 2017. "Google Cardboard". Documento en línea. Consultado el 20 de septiembre de 2017 en <https://vr.google.com/cardboard/>
15. **HTC.** 2018. "VIVE PRO". Documento en línea. Consultado el 23 de marzo de 2018 en <https://www.vive.com/us/product/vive-pro/>
16. **Oculus.** 2017. "Rift + Touch". Documento en línea. Consultado el 20 de septiembre de 2017 en <https://www.oculus.com/rift/>
17. **Tobii Pro.** 2018. "Tobii Pro VR Integration". Documento en línea. Consultado el 23 de marzo de 2018 en <https://www.tobii.com/product-listing/vr-integration/>
18. **Martí Anna.** 2017. "Gafas de realidad virtual independientes, sin usar un PC o móvil: Google está trabajando en ello con HTC y Lenovo". Documento en línea. Consultado el 20 de septiembre de 2017 en <https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/google-se-actualiza-en-realidad-virtual-y-aumentada-trabajara-con-htc-vive-y-mas-moviles-con-soporte-a-daydream>
19. **Rus Cristian.** 2017. "Oculus Go, por fin unas gafas de realidad virtual que no requieren de un teléfono o cables". Documento en línea. Consultado el 11 de octubre de 2017 en <https://www.xataka.com/accesorios/oculus-go-caracteristicas-precio-ficha-tecnica>
20. **Google.** 2017. "Introducing Daydream standalone VR headsets". Documento en línea. Consultado el 20 de septiembre de 2017 en <https://vr.google.com/daydream/standalonevr/>
21. **Oculus.** 2017. "Oculus connect". Documento en línea. Consultado el 11 de octubre de 2017 en <https://www.oculusconnect.com/>
22. **Edwards, L. y Torcellini, P.** 2002. Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants. Colorado: National Renewable Energy Laboratory. https://cdn2.hubspot.net/hub/155785/file-18058478-pdf/docs/daylighting_research_-_us_government_report.pdf